

# Szakmai beszámoló

Kutatásaink részét képezték az ESF TECT keretében nyertes BIOCONTRACT pályázatnak. A pályázaton belül feladatunk elsősorban az volt, hogy a populációs struktúrákat figyelembe vevő mutualista és kooperációs modelleket tanulmányozzunk. Külön kiemelve a csoport terepbiológusai által jól ismert hangya-növény kapcsolatok elméleti tárgyalását. Ennek alapján kutatásainkat négy nagy témakörön belül végeztük együttműködve a csoport többi tagjával is.

## *1. Stratégiai kooperációs modellek viselkedése rácson és gráfon*

Megvizsgáltuk a kooperatív stratégia fixációs valószínűségét egyszerű dinamikus gráfokon. Kimutattuk, hogy a gráfélek (egyed kapcsolatok) nem-szelektív átrendezése a kooperatív stratégia elterjedését jelentősen csökkenti. Megmutattuk, hogy a definiált gráfdinamika a skálafüggetlen gráfokra hat a legkevésbe kedvezőtlenül. E munka folytatásaként olyan gráfokat vizsgáltunk, ahol az egyedek szelektív módon rendezhetik át a kapcsolataikat. Megmutattuk, hogy számos egyszerű kapcsolat-váltási szabály esetén a kooperátor stratégia fixációs valószínűsége nagyobb, mint az analóg statikus kapcsolati gráfokon. Az is kiderült, hogy van egy olyan optimális kapcsoltsági szint, ahol ez a hatás a legerősebb. A fogolydilemma és a hótorlasz játékok viselkedését vizsgáltuk rácson. Modellünkben a diszperzió erősségét változtatható volt. E modell segítségével megmutattuk, hogy az általánosan elterjedt nézettel ellentétben, a térbeliség mindkét szociális dilemma esetén segíti a kooperátorokat. Érvelésünket a numerikus eredményeink mellett analitikusan is alátámasztottuk. A témában három közlemény készült.

## *2. Stratégiai modellek a humán kooperáció evolúciójára*

Vizsgáltuk az emberi populációkra jellemző kooperatív normák kialakulásának lehetőségét. Feltéve, hogy az egyedek által követett normák sztochasztikusak, kimutattuk, hogy a korai emberi társadalmakra jellemző csoportstruktúra mellett egy nem túl szigorú, de büntető kooperatív norma válik dominánssá. Modellünk alapján a domináns norma mellett bizonyos egyedek más, alternatív normát követnek. Eredményeink meglepő összhangban vannak a kísérleti tapasztalatokkal. Az előbbi modellt továbbfejlesztve azt is sikerült kimutatni, hogy ez a kooperatív norma akkor is megjelenik, ha az altruista akciókról csak közvetett megfigyelők által lehet tudomást szerezni, s az információt szolgáltatók nem szükségszerűen igazmondóak. A modellben a kooperatív norma és a megbízható információ átadás ko-evolúciója figyelhető meg. Egy hasonló, többszintű szelekciós

modell segítségével megmutattuk, hogy az egyedek fitness különbsége alapján döntő stratégia hatékonyabb lehet, mint a stratégia alapján döntő, ha a populációban a szociális zaj elegendően nagy. Így, egy általános magyarázattal szolgáltunk az egyenlőségre törekvő stratégia elterjedtségére a humán populációkban. A témában három közlemény született.

### *3. A Cordia nodosa Allomerus Azteca rendszer evolúciója*

Kifejlesztettünk egy térben explicit modellt a *Cordia nodosa*- *Allomerus*- *Azteca* hangya növény mutualista rendszer evolúciójának vizsgálatára. A rendszerben egy növényfajt (*Cordia nodosa*) két csoportba tartozó hangya fajok védenek mutualista kölcsönhatásban. Azonban az *Allomerus* faj a védelem mellett a növény virágjait kasztrálja, így az egyben parazita is. Modellünkben a hangyafajok diszperziós ráfordítása és az *Allomerus* fajnál a kasztrációs szint evolúcióját vizsgáltuk megfelelő csereviszonyokat feltételezve. Egyik fontos eredményünk, hogy a három faj stabil együttélését tapasztaltuk a biológiailag releváns paramétertartományban. Megmutatuk, hogy egy sajátos térbeli ciklikus dinamika tartja fenn az egyensúlyt. Továbbá azt tapasztaltuk, hogy a terepi eredményekkel egyezően nagyobb növény sűrűség kisebb egyensúlyi kasztrációs szintet és ezzel együtt a kasztráló faj fokozott jelenlétét vonja maga után. A témában egy közlemény született, mely cikket beválasztották a *Faculty of 1000* közleményei közé.

### *4. Nem-lineáris szociális dilemma játékok*

Vizsgáltuk az  $N$  személyes szociális dilemma játékok egy általánosított nemlineáris osztályát. Sikerült kimutatni, hogy ha a nyereség a befektetésnek egy telítődő függvénye, akkor az együttműködők és az önzők stabil együttélése a jellemző kimenete a dilemmának jólkevert populációkban is. Eredményeink alapján javasoltuk, hogy a közlegelők dilemmája játék mellett az ún. önkéntesek dilemmáját is indokolt használni alapmodellként. A modellezett helyzet számos kooperációs szituációra alkalmazható: pl. mikrobák extracelluláris enzimprodukcója, csapatos állatok ragadozó elleni védekezése stb. E témakörben egy szemle cikket is írtunk, mely a zárójelentés ideje alatt elbírálás alatt van.